



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001057352 A**(43) Date of publication of application: **27.02.01**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/304**(21) Application number: **11231412**(71) Applicant: **HITACHI CHEM CO LTD**(22) Date of filing: **18.08.99**(72) Inventor: **KURATA YASUSHI  
OTSUKI HIROTO  
ASHIZAWA TORANOSUKE  
HIRAI KEIZO**(54) **METHOD OF POLISHING SUBSTRATE**

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable a silicon oxide film and a metal buried film to be effectively flattened at a high level, excessive film layers to be effectively removed from the films, and the surfaces of the films to be almost kept free from polishing marks through a recess CMP(chemical mechanical polishing) technique where a shallow trench isolation is made, and a metal buried wiring is formed.

**SOLUTION:** This method is used for polishing a substrate of certain structure where a silicon

nitride film is formed as a stopper by the use of abrasive material which contains abrasive grains and additives. The method comprises a first process where the protrudent part of a pattern on the substrate is selectively polished discriminating it from the recess with abrasive material prescribed in additive concentration and a second process where the surface of the substrate is polished with abrasive material whose additive weight concentration is 0 to 0.8 with regard to 1 of the abrasive material concentration used in the first process.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-57352

(P2001-57352A)

(43) 公開日 平成13年2月27日 (2001.2.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース* (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 X

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-231412

(22) 出願日 平成11年8月18日 (1999.8.18)

(71) 出願人 000004455

日立化成工業株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(72) 発明者 倉田 靖

茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式  
会社総合研究所内

(72) 発明者 大槻 裕人

茨城県日立市東町4-13-1 日立化成工業株式  
会社山崎事業所内

(74) 代理人 100071559

弁理士 若林 邦彦

最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 基板の研磨方法

## (57) 【要約】

【課題】 シャロー・トレンチ分離形成、金属埋め込み配線形成等のリセスCMP技術において酸化珪素膜、金属等の埋め込み膜の余分な成膜層の除去及び平坦化を効率的、高レベルに行い、かつ研磨キズの少ない表面を得ることができる基板の研磨方法を提供する。

【解決手段】 砥粒および添加剤を含む研磨剤を使用して、酸化珪素膜をストッパーとして形成した構造の基板を研磨する研磨法であって、所定の添加剤濃度の研磨剤で基板のパターン凸部を凹部に対し選択的に研磨する第1工程と、第1工程の添加剤重量濃度1に対し、添加剤重量濃度0～0.8の研磨剤で研磨する第2工程で順に研磨する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 砥粒および添加剤を含む研磨剤を使用して、窒化珪素膜をストッパーとして形成した構造の基板を研磨する研磨法であって、所定の添加剤濃度の研磨剤で基板のパターン凸部を凹部に対し選択的に研磨する第1工程と、第1工程の添加剤重量濃度に対し、添加剤重量濃度0～0.8の研磨剤で研磨する第2工程を順に備えることを特徴とする基板の研磨方法。

【請求項2】 上記の第1工程と第2工程の添加剤種或いは研磨剤が異なることを特徴とする請求項1に記載の基板の研磨方法。

【請求項3】 上記の第2工程の研磨剤として、添加剤を含まない研磨剤を使用することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の基板の研磨方法。

【請求項4】 上記の第2工程の研磨剤として、砥粒及び添加剤を含まない研磨剤を使用することを特徴とする請求項1に記載の基板の研磨方法。

【請求項5】 溝を形成した被研磨面下地層に被研磨膜を成膜して溝を埋め込んだ構造において、埋め込み部分以外の成膜層を除去する研磨法であり、溝の深さに対する被研磨膜成膜量及び陰イオン性界面活性剤濃度を調整することによって、上記の第1工程のみで研磨することを特徴とする基板の研磨方法。

【請求項6】 請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の研磨方法で、少なくとも酸化珪素膜及び窒化珪素膜が形成された半導体チップを研磨する基板の研磨方法。

【請求項7】 研磨定盤の研磨布上に研磨剤を供給しながら、被研磨膜を有する基板を研磨布に押圧した状態で研磨定盤と基板を相対的に動かすことによって被研磨膜を研磨する工程において、被研磨膜を有する基板の研磨布への押しつけ圧力が $100\sim 1000\text{ g/cm}^2$ である請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の基板の研磨方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子製造技術に使用される研磨方法に関し、基板表面の研磨工程、特にシャロー・トレンチ素子分離、キャパシタ、金属配線等の溝への埋め込み層の形成工程、層間絶縁膜の平坦化工程等において使用される基板の研磨方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在のULS I半導体素子製造工程では、高密度・微細化のための加工技術が研究開発されている。その一つであるCMP（ケミカルメカニカルポリッシング）技術は、必須の技術となってきた。半導体素子の製造工程におけるCMP技術には、素子分離形成、メモリのキャパシタ形成、プラグ及び埋め込み金属配線形成等において溝に埋め込んだ成膜層の余分な成膜部分を除去するためのリセスCMP技術、及び層間絶縁膜成膜後の平坦化CMP技術がある。集積回路内の素子

分離形成技術において、デザインルール0.5  $\mu\text{m}$ 以上の世代ではLOCOS（シリコン局所酸化）が用いられてきたが、加工寸法の更なる微細化に伴い、素子分離幅のより小さいシャロー・トレンチ分離技術が採用されつつある。シャロー・トレンチ分離では、基板上に埋め込んだ余分な酸化珪素膜を除去するためにCMPが必須な技術となる。金属配線形成技術においても、デザインルール0.25  $\mu\text{m}$ 以上の世代では、層間絶縁膜上のAl配線やプラグにはW等が用いられていたが、加工寸法の微細化に伴い要求される電気特性を満たすためにCuやCu・Al合金が採用されつつある。CuやCu・Al合金の配線技術に対しては、ダマシヤやディアルダマシヤ等の埋め込み配線技術が検討されており、基板上に埋め込んだ余分な金属膜を除去するためにCMPが必須な技術となる。メモリ素子のキャパシタ形成においても、トレンチ構造や複雑なスタック型構造を実現するためには、酸化窒化シリコンやタンタル酸化膜及びその他の強誘電体のリセスCMP技術が必須な技術となる。

【0003】従来、半導体素子の製造工程において、プラズマCVD、低圧CVD、CuやCu・Al合金、電解メッキ等の方法で形成される酸化珪素等絶縁膜、キャパシタ強誘電体膜、配線用金属や金属合金等の平坦化及び埋め込み層を形成するための化学機械研磨剤としてフェムドシリカ、アルミナ系の研磨剤を使用して1回の工程で研磨する方法が一般的に検討されている。しかしながら、このような研磨法では、パターンの平坦性が悪く、埋め込み膜の厚みばらつきやディッシングにより特性がばらつくという技術課題がある。

【0004】従来の平坦化及び埋め込み層を形成するためのCMP技術では、パターン密度差あるいはサイズ差の大小により凸部の研磨速度が大きく異なり、また凹部の研磨も進行してしまうため、ウエハ面内全体での高いレベルの平坦化を実現することができないという技術課題がある。そこで、埋め込み層成膜後に凹部となる埋め込み部分の研磨速度と埋め込み層成膜後に成膜層を除去する必要がある凸部の研磨速度の差を小さくして平坦性を向上するために、あらかじめ凸部の被研磨膜を部分的にエッチングにより除去するエッチバック工程を付加する技術が広く採用されている。しかしながら、工程数が増加するために製造コスト面で問題となっている。

【0005】また、埋め込み層を形成するためのCMP技術及び層間膜を平坦化するCMP技術では、研磨装置による理想的な終点検出が困難であるために、研磨量の制御を研磨時間で行うプロセス管理方法が一般的に行われている。しかし、パターン段差形状の変化だけでなく、研磨布の状態等でも、研磨速度が顕著に変化してしまうため、プロセス管理が難しいという問題があった。

【0006】シャロー・トレンチ分離では、素子分離の酸化珪素膜埋め込み部分以外にはマスク及びストッパーとして主に窒化珪素膜が形成され、安定な素子分離特性

を実現するためには、ウエハ内の窒化珪素の残膜厚ばらつきをできるだけ小さくする必要がある。そのためには、窒化珪素膜が露出した後は、研磨速度が低下するような特性が必要であり、酸化珪素膜と窒化珪素膜との研磨速度比（酸化珪素膜の研磨速度／窒化珪素膜の研磨速度）が大きいことが望ましい。しかし、従来のシリカ系等の研磨剤を使用した1回の工程による研磨法では、研磨速度比が2～3程度しかなく、プロセスマージンが十分に得られないという問題があった。金属の埋め込み配線やキャパシタの形成においても、埋め込み溝を形成した成膜下地層が露出した時点で研磨を終了する必要がある、下地層露出後の研磨速度が低下するように、埋め込み被研磨膜と下地膜との研磨速度比が大きい研磨剤が使用される。しかし、一方で研磨速度比が大きい研磨剤を使用した場合、埋め込み層のディッシングが大きくなるという問題があった。

【0007】シリカ系研磨剤に比べ、酸化珪素膜の高い研磨速度が得られる酸化セリウム等を含む研磨剤も使用されている。しかし、研磨速度が高すぎるためにプロセス管理が難しく、研磨速度の基板上被研磨膜のパターン依存性が大きい等の問題があった。その他に、一般に比較的低い粒子濃度で使用されるために基板上の被研磨膜パターンが微細化するほど凸部が削れにくく、その周辺部の研磨だけが進行してしまうという問題もあった。また、酸化セリウムを含む研磨剤は、シリカ系研磨剤の約2倍の酸化珪素膜と窒化珪素膜の研磨速度比が得られるが、それでも実用上充分とはいえない。

【0008】シャロー・トレンチ分離のCMPでは、層間絶縁膜のCMPよりも微細な構造で2種類の膜が露出した表面を研磨するため、一般に研磨キズが発生しやすい。しかし、一方では素子の特性上、CMPに要求されるキズのレベルも厳しい。シャロー・トレンチ部の微小な凹部が、研磨キズ発生起点になる可能性が高いと考えられるので、初期のトレンチ部の段差を残した状態で窒化珪素が露出するまで研磨してしまうと、研磨終了時のキズ数が多くなってしまふ。従来の研磨方法では、窒化珪素が露出する前に完全に平坦化することが困難であるため、研磨キズが発生しやすいという問題があった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、シャロー・トレンチ分離形成、金属埋め込み配線形成等のリセスCMP技術において、酸化珪素膜、金属等の埋め込み膜の余分な成膜層の除去及び平坦化を効率的、高レベルに行うことができ、かつ研磨キズの少ない表面を得ることができる基板の研磨方法を提供するものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の基板の研磨方法は、砥粒および添加剤を含む研磨剤を使用して、窒化珪素膜をストッパーとして形成した構造の基板を研磨する研磨法であって、所定の添加剤濃度の研磨剤で基板のバ

ターン凸部を凹部に対し選択的に研磨する第1工程と、第1工程の添加剤重量濃度1に対し、添加剤重量濃度0～0.8の研磨剤で研磨する第2工程を順に備える基板の研磨方法である。その結果、第1工程においてシャロー・トレンチ素子分離形成等の埋め込み膜の平坦化を効率的、高レベルに行った後、第2工程において、平坦化された埋め込み被研磨膜を効率的に研磨し、下地膜との研磨速度比が大きくなる特性により下地層露出後の研磨速度が小さくなることによって、パターン依存性の少ない埋め込み構造を研磨時間によるプロセス管理も容易に形成することが可能である。また、第1工程で平坦化された表面を第2工程で研磨することによって、キズの少ない研磨を実現することができる。上記の第1工程と第2工程の添加剤種別または研磨剤に異なるものを使用することもできる。第2工程の研磨剤としては、添加剤を含まない研磨剤を使用することもできる。第2工程の研磨剤として、砥粒及び添加剤を含まない研磨剤を使用することもできる。溝を形成した被研磨膜下地層に被研磨膜を成膜して溝を埋め込んだ構造において、埋め込み部分以外の成膜層を除去する研磨法としては、溝の深さに対する被研磨膜成膜量を調整することによって、上記の第1工程のみで研磨することもできる。砥粒は、酸化セリウム、酸化シリコン、酸化アルミニウム等の無機微粒子が好ましく使用される。添加剤は、有機高分子の陰イオン性界面活性剤の他に、ノニオン性界面活性剤等が好ましく使用される。特に陰イオン性界面活性剤としては、共重合成分としてアクリル酸アンモニウム塩を含むものが好ましく使用される。砥粒及び添加剤を含まない研磨剤としては、硝酸第2アンモニウムセリウム水溶液やポリエチレンオキシド水溶液等が好ましく使用される。研磨定盤の研磨布上に研磨剤を供給しながら、被研磨膜を有する基板を研磨布に押圧した状態で研磨定盤と基板を相対的に動かすことによって被研磨膜を研磨する工程において、被研磨膜を有する基板の研磨布への押しつけ圧力が100～1000 g f / cm<sup>2</sup>であることが好ましく、200～500 g f / cm<sup>2</sup>であることがより好ましい。本発明の基板の研磨方法で、例えば少なくとも酸化珪素膜及び窒化珪素膜が形成された半導体チップ等の所定の基板を研磨することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】砥粒および添加剤を含む研磨剤を使用して、窒化珪素膜をストッパーとして形成した構造の基板を研磨する研磨法であって、所定の添加剤濃度の研磨剤で基板のパターン凸部を凹部に対し選択的に研磨する第1工程では、研磨速度に変曲点のある研磨圧力依存性が得られる研磨剤を用いる。通常の研磨剤を用いた研磨では、研磨速度は研磨圧力に比例した特性を示すが一般的である。研磨速度に変曲点のある研磨圧力依存性とは、界面活性剤を加えない場合の研磨圧力に比例した研磨速度変化に比べ、パターンのない基板の研磨

速度が変曲点となる圧力まで充分小さく、変曲点となる圧力より大きい研磨圧力では変曲点以下の研磨圧力の研磨速度よりも充分大きい研磨速度が得られる特性を意味し、界面活性剤の濃度により、変曲点が現れる研磨圧力が変化する特性を示す。その場合、パターン形成された基板の凹部の実効研磨圧力を $P_1$ 、凸部の実効研磨圧力を $P$ とすると、パターンのない基板の研磨速度に変曲点が現れる圧力 $P'$ が $P_2 > P' > P > P_1$ となるように設定研磨荷重 $P$ 及び添加剤の濃度を調整することにより、被研磨膜のパターン形状に応じて変曲点の圧力よりも高い研磨圧力がかかる圧力を選択的に研磨する特性を実現することができる。また、平坦化された後の研磨速度は、変曲点が現れる圧力よりも小さい設定研磨圧力の研磨速度になるために、平坦化後の研磨がほとんど進行しなくなるので研磨時間によるプロセス管理が容易になる。この添加剤による研磨速度の研磨圧力依存性については、文献(IEDM96(International Electronic Device Meeting) Proceedings(1996) p.349-352等)で報告されている。その結果、高効率、高レベルに、パターン密度、サイズ依存性の少ない平坦化を実現することができる。シャロー・トレンチ分離のCMPの場合、この第1工程によって、酸化珪素膜が露出する前に平坦化することができ、キズの起点となる微小パターン部の段差がないうえ、平坦化以降キズの発生が少ない状態で研磨を進行、終了することが可能となる。第1工程に続いて、第1工程の添加剤重量濃度1に対し、添加剤重量濃度0~0.8の研磨剤で研磨する第2工程では、同じ研磨圧力 $P$ で、研磨速度に変曲点が現れる圧力 $P'$ が $P' < P$ となる添加量の研磨剤で研磨することにより、第1工程で平坦化された被研磨膜の研磨速度を大きくして、目的とする研磨位置である下地層まで研磨することができる。ここで、この添加剤が下地のストッパー層の研磨速度にも圧力依存性を与える添加剤であり、下地膜の研磨速度に変曲点が現れる圧力 $P'$ が $P' > P$ となるような添加量で研磨することができれば、下地層との研磨速度比が大きくなる特性により下地層露出後の研磨速度が小さくなることによって、研磨時間によるプロセス管理が容易になる。また、第2工程に使用する研磨剤が、新たなキズをほとんど発生させない特性の研磨剤であれば、第1工程で発生したキズを低減しながら第2工程の研磨が進行するため、研磨キズが非常に少ない状態で研磨を終了することができる。

【0012】研磨速度に研磨圧力依存性の変曲点が得られる研磨剤であり、研磨キズの発生が少ない研磨剤であれば、上記の第1工程と第2工程の添加剤種或いは研磨剤に異なるものを使用しても、同様の作用により同様の効果を得ることができる。

【0013】添加剤を入れなくても下地層との研磨速度比が得られる膜構造と研磨剤の組み合わせの場合、及び研磨速度が比較的小さいために下地層との研磨速度比が

小さくても研磨時間によるプロセス管理が容易である場合、或いは研磨速度比が大きいために被研磨膜の埋め込み部分のディッシングが大きくなり特性に悪影響を与える場合等には、第2工程の研磨剤として、添加剤を含まない研磨剤を使用することもある。

【0014】同様に、砥粒及び添加剤がなくても下地層との研磨速度比が得られる膜構造と研磨剤の組み合わせの場合、及び研磨速度が比較的小さいために下地層との研磨速度比が小さくても研磨時間によるプロセス管理が容易である場合、或いは研磨速度比が大きいために被研磨膜の埋め込み部分のディッシングが大きくなり特性に悪影響を与える場合等には、第2工程の研磨剤として、砥粒及び添加剤を含まない研磨剤を使用することができる。

【0015】第1工程に続いて、第1工程の添加剤重量濃度1に対し、添加剤重量濃度0~0.8の研磨剤で研磨する第2工程を行う目的としては、第1工程で平坦化された被研磨膜の研磨速度を大きくして、下地層まで研磨するためである。一方、第1工程において、平坦化された研磨がほとんど進行しなくなるまでのパターン凹部の研磨量、すなわちパターン凹部のディッシング量は、添加剤量及び研磨圧力等によって調整することができる。そこで、溝の深さに対する被研磨膜成膜量及び添加剤量等により、平坦化されるまでに研磨される被研磨膜厚と成膜量を調整することによって、第1工程の平坦化のみで目的のレベルまで研磨することも可能である。

【0016】研磨定盤の研磨布上に研磨剤を供給しながら、被研磨膜を有する基板を研磨布上に押圧した状態で研磨定盤と基板を相対的に動かすことによって被研磨膜を研磨する研磨方法において、被研磨膜を有する基板の研磨布への押しつけ圧力は、主に添加剤量によって決まる研磨速度の圧力依存特性に応じて、第1工程ではパターン凹部に対し凸部が選択的に研磨される範囲に、第2工程では平坦化された膜が適切な速度で研磨されるような範囲に設定される必要がある。研磨布への押しつけ圧力は、 $100 \sim 1000 \text{ g f/cm}^2$ であることが好ましく、 $200 \sim 500 \text{ g f/cm}^2$ であることが好ましい。研磨速度のウエハ面内均一性及びパターンの平坦性を満足するためには、 $200 \sim 500 \text{ g f/cm}^2$ であることが好ましい。研磨布への押しつけ圧力は、 $1000 \text{ g f/cm}^2$ より大きいと研磨キズが発生しやすく、 $100 \text{ g f/cm}^2$ 未満では充分な研磨速度が得られない。

【0017】本発明の基板の研磨方法に使用される砥粒は、酸化セリウム、酸化シリコン、酸化アルミニウム等の無機酸化物粒子であり、酸化セリウム粒子が好ましく使用される。ここで、砥粒の濃度に制限は無いが、懸濁液の取り扱い易さから0.5~15重量%の範囲が好ましい。

【0018】本発明において使用される添加剤は、金属イオン類を含まないものとして、アクリル酸重合体及び

そのアンモニウム塩、メタクリル酸重合体及びそのアンモニウム塩、ポリビニルアルコール等の水溶性有機高分子類、ラウリル硫酸アンモニウム、ポリオキシエチレンラウリエーテル硫酸アンモニウム等の水溶性陰イオン界面活性剤、ポリオキシエチレンラウリルエーテル、ポリエチレングリコールモノステアレート等の水溶性非イオン界面活性剤、モノエタノールアミン、ジエタノールアミン等の水溶性アミン類などが挙げられる。その中でも、陰イオン性界面活性剤等が好ましく使用され、特に共重合成分としてアンモニウム塩を含む高分子分散剤等の水溶性陰イオン性界面活性剤から選ばれた少なくとも 1 種類以上の界面活性剤を使用する。また、その他に水溶性非イオン性界面活性剤、水溶性陰イオン性界面活性剤、水溶性陽イオン性界面活性剤等を併用してもよい。これらの界面活性剤添加量は、スラリー 100 重量部に対して、0.1 重量部～10 重量部の範囲が好ましい。また、界面活性剤の分子量は、100～5000 が好ましく、2000～20000 がより好ましい。添加剤の添加方法としては、研磨直前に砥粒分散液に混合するのが好ましい。研磨装置のスラリー供給配管内で充分混合するような構造を施した場合には、砥粒分散液及び添加剤水溶液の供給速度を個別に調整し、配管内で所定濃度になるように混合することも可能である。添加剤混合後に長時間保存した場合、砥粒の粒度分布が変化する場合があるが、研磨速度及び研磨層等の研磨特性には顕著な影響が見られないため、界面活性剤の添加方法は制限するものではない。

【0019】本発明の基板の研磨方法が適用される無機絶縁膜の作製方法として、定圧 CVD 法、プラズマ CVD 法等が挙げられる。定圧 CVD 法による酸化珪素絶縁膜形成は、Si 源としてモノシラン：SiH<sub>4</sub>、酸素源として酸素：O<sub>2</sub>を用いる。この SiH<sub>4</sub>-O<sub>2</sub>系酸化反応を 400℃程度以下の低温で行わせることにより得られる。高温リフローによる表面平坦化を図るためにリン：P をドーピングするときには、SiH<sub>4</sub>-O<sub>2</sub>-PH<sub>3</sub>系反応ガスを用いることが好ましい。プラズマ CVD 法は、通常の熱平衡下では高温を必要とする化学反応が低温でできる利点を有する。プラズマ発生法には、容量結合型と誘導結合型の 2 つが挙げられる。反応ガスとしては、Si 源として SiH<sub>4</sub>、酸素源として N<sub>2</sub>O を用いた SiH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>O 系ガスとテトラエトキシシラン (TEOS) を Si 源に用いた TEOS-O<sub>2</sub> 系ガス (TEOS-プラズマ CVD 法) が挙げられる。基板温度は 250℃～400℃、反応圧力は 67～400 Pa の範囲が好ましい。このように、本発明で使用する基板の酸化珪素絶縁膜にはリン、ホウ素等の元素がドーピングされても良い。同様に、低圧 CVD 法による窒化珪素膜形成は、Si 源としてジケルシラン：SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、窒素源としてアンモニア：NH<sub>3</sub>を用いる。この SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>-NH<sub>3</sub>系酸化反応を 900℃の高温で行わせることによ

り得られる。プラズマ CVD 法は、Si 源として SiH<sub>4</sub>、窒素源として NH<sub>3</sub>を用いた SiH<sub>4</sub>-NH<sub>3</sub>系ガスが挙げられる。基板温度は 300～400℃が好ましい。

【0020】所定の基板として、半導体基板すなわち回路素子と配線パターンが形成された段階の半導体基板、回路素子が形成された段階の半導体基板等の半導体基板上に酸化珪素膜及び窒化珪素膜が形成された基板が使用できる。このような半導体基板上に形成された酸化珪素膜層を上記研磨方法の第 1 工程で研磨することによって、酸化珪素膜層表面の凹凸を解消し、半導体基板全面に渡って平滑面とする。層間絶縁膜の平坦化工程に適用する場合には、第 1 工程で終了となるが、シャロー・トレンチ分離の場合には、上記研磨方法の第 2 工程で平坦化された酸化珪素膜を下地層の窒化珪素層まで研磨することによって、素子分離部に埋め込んだ酸化珪素膜のみを残す。この際、ストップとなる窒化珪素との研磨速度比が大きければ、窒化珪素膜後の研磨速度が小さくなり、研磨のプロセスマージンが大きくなる。また、シャロー・トレンチ分離に使用するためには、研磨時に傷発生が少ないことも必要である。ここで、研磨する装置としては、半導体基板を保持するホルダーと研磨布 (パッド) を貼り付けた (回転数が変更可能なモータ等を取り付けてある) 定盤を有する一般的な研磨装置で使用できる。研磨布としては、一般的な不織布、発泡ポリウレタン、多孔質フッ素樹脂などが使用でき、特に制限はない。また、研磨布には研磨剤が溜まるような溝加工を施すことが好ましい。研磨条件には制限はないが、定盤の回転速度は半導体が飛び出さないよう 1000rpm 以下の低回転が好ましい。被研磨膜を有する半導体基板の研磨布への押しつけ圧力は、100～1000 gf/cm<sup>2</sup>であることが好ましく、研磨速度のウエハ面内均一性及びパターンの平坦性を満足するためには、200～500 gf/cm<sup>2</sup>であることがより好ましい。研磨している間、研磨布には研磨剤をポンプ等で連続的に供給する。この供給量に制限はないが、研磨布の表面が常に研磨剤で覆われていることが好ましい。

【0021】研磨終了後の半導体基板は、流水中で良く洗浄後、スピンドライ等を用いて半導体基板上に付着した水滴を払い落としてから乾燥させることが好ましい。このようにして、Si 基板上にシャロー・トレンチ分離を形成したあと、酸化珪素絶縁膜及びその上にアルミニウム配線を形成し、その上に形成した酸化珪素膜を上記の第 1 工程により平坦化する。平坦化された酸化珪素膜層の上に、第 2 層目のアルミニウム配線を形成し、その配線間および配線上に再度上記方法により酸化珪素膜を形成後、本発明の第 1 工程により研磨することによって、絶縁膜表面の凹凸を解消し、半導体基板全面に渡って平滑面とする。この工程を所定数繰り返すことにより、所望の層数の半導体層を製造する。または、Si 基板上にシャロー・トレンチ分離を形成したあと、層

間絶線膜層及びその表面に埋め込み配線の溝を形成し、スパッタ法でTiNやTa<sub>2</sub>N等のバリア金属層及び配線金属用シード層を形成し、電解メッキ法等によりCu又はCu・Al合金を成膜する。この成膜層に、本発明の基板の研磨方法を適用することにより、配線溝部にのみ金属を埋め込むことができる。この工程を所定数繰り返すことにより、所望の層数の半導体構造を製造する。

【0022】その他に、メモリ素子のキャパシタの形成工程において、トレンチ型セル構造では、ポリシリコンや酸化窒化シリコン等の埋め込み構造を形成する際に、スタック型セル構造でも、複雑な構造を形成するために埋め込み工程が採用される可能性があり、酸化珪素シリコンやタンタル酸化膜の他にSTOやBST等の強誘電体材料にも本発明の基板の研磨方法が適用される。

【0023】本発明の基板の研磨方法は、半導体基板に形成された酸化珪素膜や窒化珪素膜、Cu、Cu・Al合金等の金属膜、及び強誘電体膜だけでなく、所定の配線を有する配線板に形成された酸化珪素膜、ガラス、窒化珪素等の無機絶縁膜、金属膜、フォトマスク・レンズ・プリズムなどの光学ガラス、ITO等の無機導電膜、ガラス及び結晶質材料で構成される光集積回路・光スイッチング素子・光導波路、光ファイバの端面、シンチレータ等の光学用単結晶、固体レーザー単結晶、青色レーザー用LEDサファイア基板、SiC、GaP、GaAs等の半導体単結晶、磁気ディスク用ガラス基板、磁気ヘッド等の研磨法としても使用される。

#### 【0024】

##### 【実施例】（実施例1）

（スラリーの作製）炭酸セリウム水和物を800℃で2時間空気で焼成し、ジェットミルを用いて乾式粉碎して酸化セリウム粒子を作製した。酸化セリウム粒子1Kgと分散剤としてポリアクリル酸アンモニウム塩水溶液（40重量%）23gと脱イオン水8977gを混合し、攪拌しながら超音波分散を10分間施した。得られたスラリーを1ミクロンフィルターでろ過をし、さらに脱イオン水を加えることにより5重量%スラリーを得た。スラリーpHは8.3であった。上記の酸化セリウムスラリー（固形分：5重量%）600gと添加剤としてpH6.5で分子量5000のポリアクリル酸（100%）アンモニウム塩水溶液（40重量%）180gと脱イオン水2220gを混合して、界面活性剤を添加した酸化セリウム研磨剤A（酸化セリウム固形分：1重量%）を作製した。同様に、上記の酸化セリウムスラリー（固形分：5重量%）600gと添加剤としてpH6.5で分子量5000のポリアクリル酸（100%）アンモニウム塩水溶液（40重量%）75gと脱イオン水2325gを混合して、界面活性剤を添加した酸化セリウム研磨剤B（酸化セリウム固形分：1重量%）を作製した。酸化セリウム研磨剤B中の添加剤であるポリアクリル酸アンモニウム塩の添加剤濃度は酸化セリウム研磨剤

A中の添加剤濃度1に対して0.4である）。

【0025】（ブラケットウエハの研磨1）直径200mmSi基板上に1000nmの酸化珪素膜を成膜したブラケットウエハを作製した。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径600mmの定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を100gf/cm<sup>2</sup>に設定して、定盤上に上記の酸化セリウム研磨剤A（固形分：1重量%）を200cc/minの速度で滴下しながら、定盤及びウエハを50rpmで1分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様に加工圧力を200〜800gf/cm<sup>2</sup>の範囲で100gf/cm<sup>2</sup>おきに設定して別のウエハを研磨した。上記の酸化セリウム研磨剤B（固形分：1重量%）についても、同様の条件で加工圧力を100〜800gf/cm<sup>2</sup>の範囲で100gf/cm<sup>2</sup>おきに設定して研磨を行った。研磨後のウエハを洗浄して乾燥し、干渉膜厚計によって膜厚を測定し、研磨前後の膜厚変化を算出した。その結果、酸化セリウム研磨剤Aでは、圧力100gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は24nm/min、圧力200gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は41nm/min、圧力300gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は65nm/min、圧力400gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は85nm/min、圧力500gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は105nm/min、圧力600gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は123nm/min、圧力700gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は146nm/min、圧力800gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は302nm/minであり、加工圧力700gf/cm<sup>2</sup>で研磨速度の変曲点が得られた。酸化セリウム研磨剤Bでは、圧力100gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は92nm/min、圧力200gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は141nm/min、圧力300gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は380nm/min、圧力400gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は582nm/min、圧力500gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は742nm/min、圧力600gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は904nm/min、圧力700gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は1051nm/min、圧力800gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は1191nm/minであり、加工圧力200gf/cm<sup>2</sup>で研磨速度の変曲点が得られた。

【0026】（ブラケットウエハの研磨2）直径200mmSi基板上に1000nmの酸化珪素膜を成膜したブラケットウエハ及び100nmの窒化珪素膜を成膜したブラケットウエハをそれぞれ作製した。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径600mmの定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を300gf/cm<sup>2</sup>に設定して、定盤上に上記の酸化セリウム研磨剤A（固形分：1重量%）を200cc/min

nの速度で滴下しながら、定盤及びウエハを50rpmで1分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様に加工圧力を300gf/cm<sup>2</sup>に設定して酸化珪素膜を研磨した。上記の酸化セリウム研磨剤B（固形分：1重量%）についても、同様の条件で酸化珪素膜及び窒化珪素膜を研磨した。研磨後のウエハを洗浄して乾燥し、干渉膜厚計によって膜厚を測定し、研磨前後の膜厚変化を算出した。その結果、酸化セリウム研磨剤Aでは、酸化珪素膜の研磨速度が5nm/min、窒化珪素膜の研磨速度が6nm/minであり、研磨速度比（酸化珪素膜/窒化珪素膜）は1.1であった。酸化セリウム研磨剤Bでは、酸化珪素膜の研磨速度が380nm/min、窒化珪素膜の研磨速度が7nm/minであり、研磨速度比（酸化珪素膜/窒化珪素膜）は54であった。

【0027】（パターンウエハの研磨）直径200mm Si基板上に1000nmの酸化珪素膜を成膜後、フォトリソを塗布し100×100μm<sup>2</sup>の窒化珪素膜のドットを158μmピッチでマスク材として残し、ETCHングによりSi基板上に400nmのトレンチを形成した。続いて、薄い熱酸化膜を形成後、低圧CVD法により酸化珪素膜を680nm成膜し、窒化珪素膜を含めると500nmのトレンチに酸化珪素膜を埋め込んだパターンウエハを作製した。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径60mmの定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を300gf/cm<sup>2</sup>に設定した。定盤上に上記の酸化セリウム研磨剤A（固形分：1重量%）を200cc/minの速度で滴下しながら、定盤及びウエハを50rpmで3分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様の条件で、研磨時間を4分及び5分にして研磨を行った。ウエハを洗浄、乾燥した後に、干渉膜厚計により窒化珪素膜上及びトレンチ部の酸化珪素膜の膜厚を測定し、触針式段差計により境界部の段差を測定した。3分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜上の酸化珪素膜の膜厚が158nmであり、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は650nmであり、残段差が少なくとも<10nm以下になり平坦化が終了していることがわかった。4分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜上の酸化珪素膜の膜厚が102nm、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は597nmであり、5分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜上の酸化珪素膜の膜厚が48nm、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は545nmであり、3分以降研磨がほとんど進行していないことがわかった。続いて、上記の酸化セリウム研磨剤B（固形分：1重量%）を200cc/minの速度で滴下しながら、定盤及びウエハを50rpmで1分間回転させ、上記で3分間研磨したパターンウエハの第2工程研磨を行った。ウエハを洗浄、乾燥した

後に、干渉膜厚計により窒化珪素膜上及びトレンチ部の酸化珪素膜の膜厚を測定した。その結果、窒化膜上の酸化珪素膜はなくなり、窒化珪素膜の膜厚が77nmになっており、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は432nmであった。このように、第2工程により短時間で目標とする窒化珪素膜の途中まで研磨することができ、残段差は少なくとも<50nmと良好な結果であった。

#### 【0028】（実施例2）

（スラリーの作製）炭酸セリウム水和物を800℃で2時間空気で焼成し、ジェットミルを用いて乾式粉碎して酸化セリウム粒子を作製した。酸化セリウム粒子1Kgと分散剤としてポリアクリル酸アンモニウム塩水溶液（40重量%）23gと脱イオン水8977gを混合し、攪拌しながら超音波分散を10分間施した。得られたスラリーを1ミクロンフィルターでろ過をし、さらに脱イオン水を加えることにより5重量%スラリーを得た。スラリーpHは8.3であった。上記の酸化セリウムスラリー（固形分：5重量%）600gと添加剤としてpH6.5で分子量5000のポリアクリル酸（10.0%）アンモニウム塩水溶液（40重量%）135gと脱イオン水2265gを混合して、界面活性剤を添加した酸化セリウム研磨剤A（酸化セリウム固形分：1重量%）を作製した。

【0029】（ブランケットウエハの研磨1）直径200mm Si基板上に1000nmの酸化珪素膜を成膜したブランケットウエハを作製した。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径60mmの定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を100gf/cm<sup>2</sup>に設定して、定盤上に上記の酸化セリウム研磨剤A（固形分：1重量%）を200cc/minの速度で滴下しながら、定盤及びウエハを50rpmで1分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様に加工圧力を200～800gf/cm<sup>2</sup>の範囲で100gf/cm<sup>2</sup>おきに設定して別のウエハを研磨した。研磨後のウエハを洗浄して乾燥し、干渉膜厚計によって膜厚を測定し、研磨前後の膜厚変化を算出した。その結果、圧力100gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は35nm/min、圧力200gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は76nm/min、圧力300gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は105nm/min、圧力400gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は128nm/min、圧力500gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は155nm/min、圧力600gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は286nm/min、圧力700gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は401nm/min、圧力800gf/cm<sup>2</sup>の研磨速度は520nm/minであり、加工圧力500gf/cm<sup>2</sup>で研磨速度の変曲点が得られた。

【0030】（ブランケットウエハの研磨2）直径200mm Si基板上に1000nmの酸化珪素膜を成膜し



たブランケットウエハ及び 100 nm の窒化珪素膜を成膜したブランケットウエハをそれぞれ作製した。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径 600 mm の定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を 300 gf/cm<sup>2</sup> に設定して、定盤上に上記の酸化セリウム研磨剤 A (固形分: 1 重量%) を 200 cc/min の速度で滴下しながら、定盤及びウエハを 50 rpm で 1 分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様に加工圧力を 300 gf/cm<sup>2</sup> に設定して窒化珪素膜を研磨した。研磨後のウエハを洗浄して乾燥し、干渉膜厚計によって膜厚を測定し、研磨前後の膜厚変化を算出した。その結果、酸化珪素膜の研磨速度が 106 nm/min、窒化珪素膜の研磨速度が 7 nm/min であり、研磨速度比 (酸化珪素膜研磨速度/窒化珪素膜研磨速度) は 15 であった。

【0031】(パターンウエハの研磨) 直径 200 mm Si 基板上に 100 nm の窒化珪素膜を成膜後、フォトリソを塗布し 100 × 100 μm<sup>2</sup> の窒化珪素膜のドットを 158 μm ピッチでマスク材として残し、エッチングにより Si 基板上に 400 nm のトレンチを形成した。続いて、薄い熱酸化膜を形成後、低圧 CVD 法により酸化珪素膜を 580 nm 成膜し、窒化珪素膜厚を含めると 500 nm のトレンチに酸化珪素膜を埋め込んだパターンウエハを作製した。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径 600 mm の定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を 300 gf/cm<sup>2</sup> に設定した。定盤上に上記の酸化セリウム研磨剤 A (固形分: 1 重量%) を 200 cc/min の速度で滴下しながら、定盤及びウエハを 50 rpm で 3 分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様に、研磨時間 4 分及び 5 分でも研磨を行った。ウエハを洗浄、乾燥した後に、干渉膜厚計により窒化珪素膜上及びトレンチ部の酸化珪素膜の膜厚を測定し、触針式段差計により境界部の段差を測定した。3 分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜上の酸化珪素膜はなくなっており、窒化珪素膜の膜厚が 87 nm であり、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は 480 nm であった。段差が少なくとも < 10 nm 以下になり平坦化が終了していることがわかった。4 分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜の膜厚が 80 nm、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は 465 nm であり、5 分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜の膜厚が 74 nm、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は 448 nm であった。3 分以降は、研磨がほとんど進行しておらず、残段差は少なくとも < 30 nm と非常に良好な結果であることがわかる。このように、埋め込み溝 (トレンチ) 深さに対する埋め込み膜の成膜量と添加剤量の

調整により、本発明の第 1 工程の研磨だけで目標とする効果を得ることが可能である。

#### 【0032】(比較例 1)

(ブランケットウエハの研磨 2) 直径 200 mm Si 基板上に 1000 nm の酸化珪素膜を成膜したブランケットウエハ及び 100 nm の窒化珪素膜を成膜したブランケットウエハをそれぞれ作製した。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径 600 mm の定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を 300 gf/cm<sup>2</sup> に設定して、定盤上に市販シリカスラリーを用いて (固形分: 12.5 重量%) を 200 cc/min の速度で滴下しながら、定盤及びウエハを 50 rpm で 1 分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様に加工圧力を 300 gf/cm<sup>2</sup> に設定して窒化珪素膜を研磨した。研磨後のウエハを洗浄して乾燥し、干渉膜厚計によって膜厚を測定し、研磨前後の膜厚変化を算出した。その結果、酸化珪素膜の研磨速度が 175 nm/min、窒化珪素膜の研磨速度が 70 nm/min であり、研磨速度比 (酸化珪素膜研磨速度/窒化珪素膜研磨速度) は 2.5 であった。

【0033】(パターンウエハの研磨) 直径 200 mm Si 基板上に 100 nm の窒化珪素膜を成膜後、フォトリソを塗布し 100 × 100 μm<sup>2</sup> の窒化珪素膜のドットを 158 μm ピッチでマスク材として残し、エッチングにより Si 基板上に 400 nm のトレンチを形成した。続いて、薄い熱酸化膜を形成後、低圧 CVD 法により酸化珪素膜を 680 nm 成膜し、窒化珪素膜厚を含めると 500 nm のトレンチに酸化珪素膜を埋め込んだパターンウエハを作製する。保持する基板取り付け用の吸着パッドを貼り付けたホルダーに上記パターンウエハをセットし、多孔質ウレタン樹脂製の研磨パッドを貼り付けた直径 600 mm の定盤上に絶縁膜面を下にしてホルダーを載せ、さらに加工圧力を 300 gf/cm<sup>2</sup> に設定した。定盤上に市販のシリカスラリー (固形分: 12.5 重量%) を 200 cc/min の速度で滴下しながら、定盤及びウエハを 50 rpm で 2 分間回転させ、酸化珪素膜を研磨した。同様に、研磨時間 3 分及び 4 分でも研磨を行った。ウエハを洗浄、乾燥した後に、干渉膜厚計により窒化珪素膜上及びトレンチ部の酸化珪素膜の膜厚を測定し、触針式段差計により境界部の段差を測定した。2 分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜上の酸化珪素膜の膜厚が 112 nm であり、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は 524 nm であり、残段差は 90 nm 程度であった。3 分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜上の酸化珪素膜はなくなっており、窒化珪素膜の膜厚が 62 nm、トレンチ部の酸化珪素膜の膜厚は 329 nm であり、残段差は 130 nm 程度であった。4 分間研磨後のウエハの測定結果は、窒化珪素膜が

なくなってしまうSi基板が露出してしまった。研磨時間3分で窒化珪素膜の目標位置まで研磨することができたが、残段差も $>100\text{nm}$ と大きく、窒化珪素膜が露出してからの研磨速度もあまり低下しないために、1回の研磨では、研磨時間の設定が難しい。

【0034】

\*

＊【発明の効果】本発明の基板の研磨方法により、シャロートレンチ分離形成、金属埋め込み配線形成等のリセスCMP技術において、酸化珪素膜、金属等の埋め込み膜の余分な成膜層の除去及び平坦化を効率的、高レベルに行い、かつキズの少ない表面状態を得ることができる。

---

フロントページの続き

(72)発明者 芦沢 寅之助  
茨城県日立市東町4-13-1 日立化成工業株式会社山崎事業所内

(72)発明者 平井 圭三  
茨城県日立市東町4-13-1 日立化成工業株式会社山崎事業所内